

Лелеко Д.В., Трегубенко Г.Н., Поляков Г.А.

НМетАУ, г. Днепропетровск,

Пучиков А.В.

ИЧМ НАНУ, г. Днепропетровск

Danya_Leleko@mail.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОУСТОЙЧИВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ 20ГСЛ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ КАЧЕСТВА

В настоящее время сталь 20ГСЛ применяется для изготовления отливок деталей ответственного назначения и повышенной прочности, работающих в диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+450\text{ }^{\circ}\text{C}$. Например, сталь 20ГСЛ используют для производства деталей гидро-, паро- и газовых турбин, деталей оборудования атомных электростанций, станций теплоснабжения, теплоэлектроцентралей, ядерных реакторов и установок, а также деталей сварно-литых конструкций с большим объемом сварки. Соответственно повышение прочности стали 20ГСЛ обеспечивает:

- увеличение срока службы и снижение затрат и времени на ремонтные работы;
- повышение эксплуатационной надежности;
- снижение металлоемкости.

Для получения высоких прочностных свойств стали 20ГСЛ она содержит достаточно большую концентрацию кремния (0,60–0,80 %), что ухудшает ее ударно-пластические характеристики. Следует отметить, что в зарубежных аналогах стали 20ГСЛ и, вообще, в феррито-перлитных сталях этого класса (например, по DIN EN 10269) содержание кремния ограничено уровнем $\leq 0,50\text{ }%$. Для уменьшения охрупчивающего влияния кремния и повышения механических и эксплуатационных свойств стали 20ГСЛ нами предложено ее комплексное микролегирование азотом (0,013–0,025 %), титаном (0,015–0,035 %) и алюминием (0,02–0,06 %). Комплексное микролегирование этими элементами обеспечивает высокие механические свойства стали 20ГСЛ при комнатной и низких температурах (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) благодаря измельчению структуры металла, в то время как при повышенных температурах (250–450 $^{\circ}\text{C}$) – за счет упрочнения объема зерен карбонитридами титана, а их границ – нитридами алюминия.

Выплавку опытно-промышленных плавов осуществляли в условиях ПАО «Армпром» в печи ДСП-3 по действующей технологической инструкции с изменениями, касающимися в основном присадки микролегирующих элементов (N, Ti и Al). В качестве азотоносителя использовали специальные азотосодержащие модификаторы на базе ферросиликомарганца или феррохрома, которые вводились в печь перед выпуском металла. Алюминий марки АВ-87 задавали на штанге на дно ковша в начале выпуска плавки в количестве 3,5–5,6 кг/плавку, а ферротитан марки ФТи-70 (1,3–3,0 кг/плавку) присаживали в ковш при его наполнении на ~ 1/5 объема.

Для получения необходимого для испытаний количества образцов отливались пробные бруски типа «клин» (по чертежу № 3 ГОСТ 977-88), которые подвергали термической обработке по трем режимам:

- нормализация (900–950 °С), охлаждение на воздухе (режим № 1);
 - закалка от температуры 900–950 °С, охлаждение в воде и последующий отпуск при температуре 690 °С (режим № 2) и 650 °С (режим № 3);
- После термической обработки из клинов вырезали заготовки образцов для испытаний на растяжение.

Исследование теплоустойчивости стали в интервале температур, предусмотренных [1] для стали 20ГСЛ (250–450 °С с интервалом 50 °С), выполняли в сертифицированной лаборатории ГП «Научно-исследовательский трубный институт» на разрывной машине Р-5 в соответствии с ГОСТ 9551-84 и ГОСТ 9651-84. Результаты этих испытаний представлены в табл. 1, в которой приведена только регламентируемая ОСТом 108.961.03-79 [1] величина предела текучести.

Таблица 1

Влияние температуры испытаний на величину предела текучести стандартной и микролегированной стали 20ГСЛ

Режим термообработки	Предел текучести (σ_T), МПа при температуре испытаний					
	20 °С	250 °С	300 °С	350 °С	400 °С	450 °С
1	394–473	335	340	332	358	341
2	–	411	369	413	398	359
3	–	459	436	433	487	420
Требования [1] к стали 20ГСЛ	≥ 280	≥ 230	≥ 200	≥ 180	≥ 170	–

Из таблицы видно, что даже при максимально допускаемой температуре эксплуатации (450 °С) микролегированная сталь 20ГСЛ имеет уровень предела текучести на 170–250 МПа выше требуемого [1] для температуры 400 °С. Отметим, что регламентируемое падение этого показателя для стали 20ГСЛ от комнатной температуры до 400 °С составляет почти 40 % отн., в то время как у микролегированной стали фактически это падение не превышает в интервале исследованных температур 20–25 % отн., что свидетельствует о стабильности ее свойств в условиях тепловых воздействий.

Список источников

1. ОСТ 108.961.03-79 «Отливки из углеродистой и легированной стали для фасонных элементов паровых котлов и трубопроводов с гарантированными характеристиками прочности при высоких температурах». М., 1979. 20 с.